UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFECIONAL DE INCENIERIA CIVIL

MONOGRAFIA SOBRE EL MODO Y LA FORMA DE CONSTRUCCION DE CARRETERAS EN LA REGION PUNO EN LA ACTUALIDAD

CURSO:

PRODUCCION DE TEXTOS ACADEMICOS

AUTOR:

Ccuno Livisi Robilson Jolibert

Puno - Perú 2025

INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial constituye un factor fundamental para el crecimiento económico, el avance social y el progreso territorial de las regiones peruanas, siendo Puno pues una de ellas, especialmente en las zonas altoandinas donde las condiciones geográficas y climáticas constituyen un reto interminable para la conexión entre localidades. La región Puno, que presenta una geografía muy accidentada y comunidades muy dispersas y una fuerte dependencia del transporte terrestre, ha recibido diversas intervenciones viales orientadas a la integración entre provincias, el acceso de la población a servicios básicos y la dinamización de la economía rural en las últimas décadas.

En este sentido, esta monografía tiene como propósito examinar las obras de infraestructura vial más representativas del ámbito de estudio, sus etapas constructivas y cómo han influido en la gente que vive en este espacio geográfico. Se expone, desde una propuesta técnica-descriptiva, las etapas que constituyen la ejecución de una obra de infraestructura vial en este espacio geográfico (relieve, época de lluvias, estándares del MTC). A la vez, se expone el panorama actual de los proyectos más relevantes que fueron ejecutados y planificados en los últimos años, enfatizando sus contribuciones al desarrollo del territorio y a cerrar las brechas de infraestructura existente.

Este analisis pretende no sólo sistematizar, sino también contribuir a una reflexión sobre la importancia de seguir invirtiendo en carreteras resilientes, inclusivas y sostenibles: carreteras que atiendan las históricas demandas de conectividad de la población de las montañas del sur andino del Perú

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Identificar el modo y forma de la construcción de carreteras en la región Puno

Objetivos específicos

- Describir la infraestructura y la normativa técnica en la construcción de carreteras.
- Analizar cuáles son las características climáticas y geográficas de la región.
- Determinar las técnicas de construcción actuales de carreteras en la región Puno.

INDICE

INTRODUCCIÓN 1
OBJETIVOS 3
INDICE 4
MARCO TEÓRICO 6
CAPITULO I: INFRAESTRUCTURA VIAL Y DESARROLLO REGIONAL 6
1.1. Concepto y función de la infraestructura vial 6
1.2. Relación entre infraestructura y desarrollo regional 8
1.3. Limitaciones estructurales 9
CAPITULO II: NORMATIVA TÉCNICA Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS 10
2.1. Normativa nacional vigente 10
2.2. Fases del proceso constructivo de una carretera 11
2.3. Consideraciones específicas para Puno 14
CAPITULO III: CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA REGIÓN PUNO 14
3.1. Ubicación y topografía 15
3.2. Suelos predominantes 15
3.3. Clima y factores meteorológicos críticos 17
CAPITULO IV: TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS ACTUALES EN CARRETERAS DE PUNO 18
4.1. Movimiento de tierras 18
4.2. Estabilización de suelos 19
4.3. Diseño de pavimento 19
4.4. Drenaje vial 20
4.5. Protección contra heladas y ciclos térmicos 20
4.6. Señalización y seguridad vial 21
4.7. Control de calidad y supervisión 21
CAPITULO V: MATERIALES Y DISPONIBILIDAD EN LA REGIÓN PUNO 21
5.1. Principales materiales utilizados en obras viales 21
5.2. Disponibilidad regional 22
5.3. Problemas frecuentes en la provisión de materiales 24

CAPITULO VI: EJECUCIÓN Y SUPERVISIÓN TÉCNICA DE OBRAS VIALES 24
6.1. Etapas principales de ejecución 24
6.2. Supervisión técnica y control de calidad 27
6.3. Obras viales en la región Puno 29
CONCLUSIONES 31
REFERENCIAS 32

MARCO TEÓRICO

CAPITULO I: INFRAESTRUCTURA VIAL Y DESARROLLO REGIONAL

1.1. Concepto y función de la infraestructura vial

La infraestructura vial es el conjunto de elementos físicos que se diseñan, construyen y mantienen como soporte para el movimiento continuo, seguro y eficiente de personas, vehículos y mercancías por vía terrestre. La infraestructura de las vías comprende la carretera, los caminos, los puentes, los túneles, las obras de arte (alcantarillas, drenajes, muros de contención), la señalización gráfica, los dispositivos de seguridad y las estructuras complementarias: estaciones de pesaje, paradero, etc. Más allá de la mera función de facilitar el tránsito, la infraestructura de las vías tiene un papel fundamental en el desarrollo del territorio y de la sociedad, dado que:

- **Integra espacios geográficos:** fragmentados o aislados, promoviendo la cohesión nacional.
- **Dinamiza las economías locales**: al mejorar el acceso a mercados, centros de producción, comercio, turismo y servicios básicos.
- **Reduce los costos logísticos**: permitiendo un transporte más rápido, seguro y menos costoso.
- **Facilita el acceso a servicios esenciales**: como educación, salud, justicia y asistencia social, especialmente en zonas rurales.
- **Fomenta la inversión pública y privada**: al mejorar las condiciones para el desarrollo de proyectos agrícolas, mineros, industriales y comerciales.
- **Contribuye a la equidad territorial**: al conectar regiones de bajos recursos con los centros de decisión y consumo.

Clasificación de la red vial

En el Perú, la infraestructura vial se organiza jerárquicamente en **tres niveles**, los cuales se diferencian por su función territorial, extensión y entidad responsable:

- **Red Vial Nacional (RVN):**
  - **Gestión:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) a través de Provías Nacional.
  - **Función:** Conecta las principales ciudades del país entre sí y con países fronterizos (Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador y Colombia), asegurando el tránsito interregional e internacional.
  - **Ejemplo:** Carretera Interoceánica Sur, Carretera Panamericana, Carretera Central.
- **Red Vial Departamental o Regional:**
  - **Gestión:** Gobiernos regionales a través de direcciones de transportes.
  - **Función:** Conecta capitales de provincia, distritos y localidades dentro de una misma región, articulando la red nacional con las redes locales.
  - **Ejemplo:** Tramos regionales como la vía Juliaca–Lampa o Azángaro–San Antón, en el departamento de Puno.
- **Red Vial Vecinal o Rural:**
  - **Gestión:** Gobiernos locales (municipalidades provinciales y distritales), a veces con apoyo de Provías Descentralizado.
  - **Función:** Permite el acceso a centros poblados menores, comunidades campesinas, zonas agrícolas y de difícil acceso. Es vital para garantizar la inclusión social y productiva de las zonas más alejadas.
  - **Ejemplo:** Caminos comunales entre centros poblados y anexos rurales.

Importancia estratégica en zonas de geografía accidentada: el caso de Puno

En regiones altoandinas como **Puno**, caracterizadas por una **topografía compleja**, climas extremos y dispersión poblacional, la infraestructura vial cobra una **importancia aún mayor**:

- **Rompe el aislamiento histórico** de comunidades ubicadas en zonas montañosas o altiplánicas.
- **Facilita el transporte de productos agropecuarios**, como quinua, papa, o ganado, hacia los mercados urbanos o centros de acopio.
- **Fortalece el acceso a programas sociales** del Estado en salud, educación, nutrición y vivienda, en zonas rurales vulnerables.
- **Permite una rápida respuesta ante emergencias**, como heladas, deslizamientos, bloqueos o conflictos sociales.
- **Promueve el turismo rural y ecológico**, dado que Puno posee atractivos como el Lago Titicaca, sitios arqueológicos y festividades culturales reconocidas a nivel nacional.

En este sentido, la correcta planificación, conservación y modernización de la red de carreteras es clave para fomentar el desarrollo global, integral, inclusivo y sostenible del departamento de Puno así como de otras zonas con características afines.

1.2. Relación entre infraestructura y desarrollo regional

La economía del desarrollo nos hace saber que existe una relación directa entre la inversión en infraestructura vial y el crecimiento de la región. “Consiste en efectuar la priorización o jerarquización de los caminos con el propósito de lograr una diferenciación entre ellos, en función al grado de importancia que tienen para el desarrollo y la articulación económica y territorial del departamento”.(David Aníbal Jiménez Sardón et al., 2005, p.111) La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) nos relata que un avance del 10% en la

calidad de las vías puede dar lugar a un aumento del 5% de la productividad agrícola en las regiones rurales.

En el caso de Puno, donde se da un claro predominio de la agricultura y la agricultura de subsistencia, con más del 40% de la población dedicado a esta actividad y donde más del 60% de la población vive dispersa en el campo, tiene un papel social e incluso un papel político bajo el supuesto de la infraestructura vial. El estado de las carreteras, o mejor dicho, el mal estado de las carreteras vecinales para, por ejemplo, acceder a los mercados, las postas médicas y a las escuelas durante la época de las lluvias.

La conexión vial hace posible también el fortalecimiento de las cadenas productivas regionales en este caso Juliaca y todos sus productos agrícolas y pecuarios (provenientes de Azángaro, Lampa y Melgar) que tienen su salida terrestre hacia Arequipa, Cusco y Bolivia. Tal y como señala Jimenéz (2005) "Se ha identificado los ejes de integración económica y territorial del Departamento siendo éstos: Cusco–Ayaviri–Juliaca, Juliaca–Puno–Ilave–Desaguadero, Arequipa–Juliaca, entre otros" (p.112)

1.3. Limitaciones estructurales

A pesar de su importancia, la infraestructura vial de Puno presenta deficiencias tales como:

- ✓ Solo el 18% de las vías están asfaltadas
- ✓ La mayoría de las carreteras departamentales y vecinales tienen una sección transversal inferior al mínimo técnico (menos de 5 m de calzada).
- ✓ Las vías presentan alta vulnerabilidad a deslizamientos y colapsos por lluvias o heladas.

Estos factores explican por qué el índice de transitabilidad vial en zonas rurales es de apenas el 42% durante la época de lluvias, según datos del Plan Regional de Desarrollo Concertado de Puno.

CAPITULO II: NORMATIVA TÉCNICA Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

2.1. Normativa nacional vigente

La ejecución de las obras de infraestructura vial en el Perú se encuentra enmarcada dentro del marco normativo técnico que formula el MTC y otras entidades, tanto nacionales como internacionales. La normativa es obligatoria para todas las obras, ya sean públicas o privadas, que incluyan el diseño, la construcción, el mantenimiento y la supervisión de vías. Entre las principales normas, podemos mencionar:

Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC):

Comprende los lineamientos a seguir para la caracterización de los suelos y de los materiales de la vía, ensayos de laboratorio de campo (CBR, granulometría para suelos, límites de Atterberg, etc.), además de los criterios para la selección de una subrasante y su estabilización, y el diseño estructural de un pavimento, en función del tránsito proyectado, condiciones climáticas, tipo de suelo y vida útil de la vía.

Manual de Carreteras - Diseño Geométrico (DG-2018):

El manual regulará el trazado geométrico de las vías, según la categoría de la carretera (nacional, departamental, vecinal), las condiciones topográficas y el volumen del tránsito. Define valores mínimos y máximos a considerar para radios de peraltes, anchos de calzada, bermas, pendientes longitudinales, transversales, visibilidad, entre otros parámetros de la vía, como son la seguridad y la funcionalidad.

Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.050 (Suelos y Cimentaciones):

Si bien su alcance mayoritario se centra en todo tipo de edificaciones, también resulta apropiada para la adecuación de obras en la infraestructura vial donde se requiere realizar estudios geotécnicos elaborados o en la elaboración de cimentaciones especiales para conductos de puentes, muros de contención o alcantarillas. Presenta criterios técnicos para evaluar la capacidad portante del suelo, los asentamientos y la estabilidad.

Normas internacionales ASTM (American Society for Testing and Materials) y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials):

Estas normas son muy empleadas para estandarizar diversos ensayos de laboratorio (compactación, resistencia a la compresión, análisis granulométrico, etc.), clasificación de suelos y diseño de mezclas de pavimento asfáltico o de concreto. Su aplicación permite garantizar la calidad y la comparabilidad técnica a nivel internacional.

2.2. Fases del proceso constructivo de una carretera

El proceso constructivo de una carretera es complejo y requiere la integración coordinada de diversas disciplinas de la ingeniería. “En las zonas altoandinas como Puno, la planificación debe considerar factores climáticos, topográficos y geotécnicos particulares. Uno de los aspectos fundamentales en esta planificación es el diseño del pavimento, el cual está compuesto por varias capas estructurales diseñadas para distribuir adecuadamente las cargas vehiculares, permitiendo un tránsito seguro, confortable y adaptado a las condiciones climáticas de la zona” (Luis Alberto, 2019). A continuación, se detallan las principales fases constructivas:

- **Estudios preliminares y diseño:**

Antes del inicio de la obra se deben realizar estudios que garanticen el diseño adecuado a las condiciones del entorno:

- **Estudios topográficos:** levantamiento de la zona para definir el alineamiento de la vía.
- **Estudios geotécnicos:** análisis de la capacidad portante, presencia de suelos expansivos o colapsables.
- **Estudios hidrológicos:** determinación de caudales máximos y diseño de drenaje.
- **Estudios de tránsito:** proyección de la demanda vehicular a lo largo del tiempo.
- **Planos, especificaciones técnicas y presupuestos:** documentos que establecen los detalles constructivos, cantidades de obra y costos estimados.
- **Identificación de riesgos naturales:** evaluación de posibles amenazas como fallas geológicas, heladas intensas, escorrentía superficial, avalanchas o deslizamientos.

- **Movimiento de tierras:**

- **Desbroce y limpieza del terreno:** eliminación de vegetación, residuos y obstáculos.
- **Excavación y nivelación:** rebaje del terreno para alcanzar la rasante proyectada.
- **Formación de taludes:** diseño de pendientes estables que prevengan deslizamientos.
- **Relleno y compactación:** colocación de material adecuado en capas sucesivas de 20 cm, compactadas al 95% del Proctor Modificado, asegurando la estabilidad del terreno.

- **Construcción de subrasante y base:**

- **Estabilización del terreno natural:** uso de cal, cemento, emulsiones asfálticas o geosintéticos cuando el **CBR (California Bearing Ratio)** es bajo.

- **Subbase y base granular:** capas compuestas por material granular bien graduado (como grava triturada o material seleccionado), que distribuyen las cargas hacia la subrasante y mejoran la capacidad estructural del pavimento.

- **Pavimentación:**

- **Pavimento flexible:** compuesto por carpeta asfáltica de entre 5 y 8 cm, adecuado para tránsito medio y zonas con clima moderado.
- **Pavimento rígido:** de concreto hidráulico de 20 a 25 cm, recomendado en zonas con altas pendientes, tráfico pesado o congelamiento frecuente, ya que ofrece mayor durabilidad y menor deformación térmica.

- **Obras de arte y drenaje:**

- **Cunetas, alcantarillas y canales de coronación:** garantizan el drenaje superficial y evitan erosión.
- **Muros de contención:** estructuras necesarias en laderas o rellenos altos para evitar deslizamientos o fallas estructurales.
- **Disipadores de energía y cajas de inspección:** controlan la velocidad del agua de escorrentía y facilitan el mantenimiento del sistema de drenaje.

- **Señalización y elementos de seguridad vial:**

- **Señalización vertical y horizontal:** incluye señales reglamentarias, informativas y preventivas, líneas de demarcación y símbolos pintados sobre la calzada.
- **Elementos de seguridad:** como tachas reflectivas, barandas metálicas (guardavías), reductores de velocidad, pasos peatonales y defensas en curvas peligrosas.

- **Supervisión técnica y control de calidad:**

- **Ensayos de campo:** mediciones de densidad, humedad, CBR in situ, deflectometría para control estructural.

- **Control de espesores y pendientes:** verificación de que las capas constructivas cumplen las especificaciones del diseño.
- **Laboratorios certificados e inspección independiente:** aseguran la transparencia y cumplimiento técnico de los trabajos.

2.3. Consideraciones específicas para Puno

Dadas las condiciones geográficas y climáticas extremas de la región de Puno, es fundamental incorporar medidas adicionales para garantizar la durabilidad y seguridad de las carreteras:

- **Capas anticongelantes:** formadas por materiales no capilares o por subrasantes tratadas, que previenen el ascenso del agua y su congelamiento en la estructura del pavimento.
- **Estabilización de suelos arcillosos:** mediante la incorporación de cal hidratada, geotextiles o materiales estabilizantes que reduzcan la plasticidad y mejoren la resistencia al corte del suelo.
- **Pendientes adecuadas (<9%):** valores mayores aumentan el riesgo de derrapes o deslizamientos, especialmente en temporada de heladas.
- **Planificación climática:** la ejecución de obras debe evitar coincidir con la temporada de lluvias (diciembre a marzo), que puede generar erosión, interrupciones o fallas prematuras. Se requiere planificación detallada, uso de coberturas temporales y drenaje provisional.

CAPITULO III: CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA REGIÓN PUNO

3.1. Ubicación y topografía

Puno se encuentra ubicada en el altiplano sur del Perú, sobre la meseta del Collao, limitando con Bolivia y con los departamentos de Cusco, Arequipa, Moquegua y Tacna, a sus respectivas altitudes de 3,800 hasta más de 4,500 m.s.n.m., lo cual la convierte en una de las regiones más elevadas y frías del país. “Su topografía es predominantemente plana y ondulada en el altiplano, pero presenta relieves montañosos abruptos en las provincias de Carabaya, Sandia y Lampa, con valles profundos y quebradas donde los ríos han esculpido zonas de difícil acceso.” (Huaquisto Cáceres Samuel, 2019).

En la zona de Puno se puede ver que solo una parte de todas la carreteras existentes están asfaltas lo que nos indica que la accesibilidad a las comunidades mas alejadas es complicada. “La red vial del departamento de Puno comprende 5,082.35 Km, de los cuales 1,258.45 Km (24.76%) corresponden a red nacional, 1,200.28 Km (23.62%) a red departamental y 2,623.62 Km (51.62%) a red vecinal” (David Aníbal Jiménez Sardón et al., 2005, p.80)

3.2. Suelos predominantes

Los diferentes tipos de suelos que existen en el área son muy diversos y determinan de modo directo el diseño, la construcción o el comportamiento estructural de las propias vías. Por ello, el estudio correcto de sus características geotécnicas es clave para poder establecer el tipo de soluciones constructivas útiles, mientras que también es fundamental para evitar que los problemas de todo tipo (incluyendo los problemas estructurales) puedan llegar a tener una solución constructiva adecuada.

- **Suelos arcillosos expansivos:** comunes en el altiplano, con alta capacidad de retención de agua, pero baja capacidad portante. Son altamente susceptibles a

deformaciones por ciclos de congelamiento y deshielo, lo cual puede afectar la estabilidad del pavimento.

- **Suelos volcánicos y aluviales:** presentes en zonas montañosas y valles, son más permeables, pero también inestables en pendientes pronunciadas, lo que requiere obras de estabilización o drenaje.
- **Suelos orgánicos y turbosos:** hallados en zonas húmedas, como los bofedales, estos suelos presentan problemas significativos de asentamiento diferencial. Su uso requiere, en la mayoría de los casos, su reemplazo o tratamiento con geotextiles, columnas de grava u otras soluciones de ingeniería.

En adición a los tipos principales recogidos anteriormente, el estudio geotécnico de proyecto revela que el subsuelo está constituido por arcilla limosa y que aflora en algunos lugares, rocas y arenas en otros, lo que permite identificar incluso sectores con procesos de erosión activa de origen subterránea y manantiales sean fenómenos comunes en esta zona geográfica; serían condicionantes de la estabilidad de los taludes y de la capacidad de carga del terreno, por lo que deben hacerse las consideraciones al respecto a lo largo de las fases de diseño y ejecución del proyecto.

"El subsuelo del proyecto de estudio está conformado de arcilla limosa; en algunas zonas es enrocado y arenoso, con algunas zonas de erosión de agua subterránea y manantiales que son frecuentes en dicha zona" (Jaén Cañazaca Cañazaca & Basilio Pedro Machaca Yucra, 2021, p. 27)

La existencia de agua subterránea podría elevar los riesgos de licuefacción en algunos tipos de los suelos y también afectará a la durabilidad de las estructuras si no se lleva a cabo un adecuado drenaje. De ahí la necesidad de un diseño del sistema de drenaje superficial y

subterráneo que contemple esos aspectos, e introduzca zanjas de drenaje, drenes franceses o subdrenes con geocompuestos en función de la saturación del terreno.

3.3. Clima y factores meteorológicos críticos

El clima de Puno es frío, seco y presenta una marcada estacionalidad, lo cual representa un reto importante para la infraestructura vial de la región:

- **Temperatura:** las mínimas durante el invierno (junio-agosto) pueden descender hasta -20 °C en zonas altoandinas, afectando la integridad de los materiales constructivos.
- **Precipitaciones:** la temporada de lluvias se extiende de noviembre a marzo, con acumulados anuales entre 500 y 1,200 mm. Estas precipitaciones impactan negativamente el terreno, reduciendo su capacidad portante y dificultando la transitabilidad vial, especialmente en zonas no pavimentadas o con sistemas de drenaje deficientes.
- **Ciclos de congelamiento y deshielo:** frecuentes entre abril y septiembre, provocan la formación de fisuras térmicas en las capas asfálticas. Estos ciclos térmicos, al repetirse, aceleran el agrietamiento superficial y el deterioro estructural de los pavimentos.
- **Vientos intensos:** generan erosión superficial, especialmente en taludes expuestos sin protección vegetal o geotextil, contribuyendo al desprendimiento de material y obstrucción de drenajes.

De igual forma, diversos estudios han comprobado que el medio ambiente no solo contribuye al degenero del camino a medida que se va utilizando, sino que puede ocasionar degenero ni siquiera en condiciones de operación. El agua, por una parte, disminuye las

propiedades de soporte de los suelos y el oxígeno combina con la humedad y va oxidando los asfaltenos contribuyendo a obtener mezclas más refractarias y menos destinadas a las deflexiones. Asimismo, el tiempo de drenaje del agua acumulada es otro factor clave en el avance del daño, tanto para el pavimento de hormigón como para aquel de asfalto. Como dicen los autores: “Se ha comprobado que el medio ambiente deteriora un camino aun cuando éste no está en uso” (Edwin Rene Apaza Pastor, 2016).

Estos factores obligan a implementar soluciones constructivas adaptadas al contexto climático, así como a planificar cronogramas de ejecución que eviten los meses de mayor intensidad de lluvia.

CAPITULO IV: TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS ACTUALES EN CARRETERAS DE PUNO

En la región Puno, la construcción de carreteras aplica técnicas convencionales de ingeniería vial, pero requiere adaptaciones específicas debido a su clima extremo, elevada altitud y geografía accidentada. Estos factores obligan a considerar tanto la sostenibilidad como la eficiencia estructural de las soluciones técnicas adoptadas.

Según el Plan Binacional Perú–Ecuador (2006), “la construcción de carreteras de bajo volumen de tránsito debe considerar la realidad económica y social del entorno, priorizando soluciones técnicas sostenibles” (p. 22). En esta línea, se han incorporado nuevas estrategias que combinan tecnología avanzada, materiales alternativos y principios de sostenibilidad.

Como señala El País (2025), “las infraestructuras del siglo XXI no solo buscan ser funcionales, sino que también elevan el bienestar social mediante el diseño sostenible y tecnológico”.

4.1. Movimiento de tierras

Aquí se emplea maquinaria pesada para el desbroce, corte del terreno natural y formación de terraplenes, junto con el control topográfico. En zonas de fuerte pendiente o riesgo de deslizamiento se emplean muros de contención de tipo gavión, concreto ciclópeo o muros de geobloques. La compactación se realiza en capas de 20 cm de espesor, en las que se controlan las densidades mediante ensayos Proctor Modificado y mediante ensayos proctor in situ con densímetros nucleares.

4.2. Estabilización de suelos

Muchos suelos de la región presentan baja capacidad portante (CBR < 10%), lo cual exige técnicas de mejoramiento:

- **Estabilización química**, utilizando cal hidratada o cemento Portland para suelos finos o arcillosos.
- **Estabilización mecánica**, mediante la mezcla con grava triturada o subbase granular.

En suelos turbosos o saturados se realiza el reemplazo total o el refuerzo con geotextiles no tejidos, que actúan como filtro y separador estructural.

En línea con prácticas sostenibles, se ha comenzado a emplear materiales reciclados. Por ejemplo, la Universidad de Córdoba ha desarrollado técnicas para usar “residuos industriales y nanomateriales” en la cimentación, lo que “permite construir carreteras más ecológicas y resistentes, reduciendo el impacto ambiental” (Cadena SER, 2024).

4.3. Diseño de pavimento

Las condiciones climáticas extremas de Puno exigen diseños de mayor resistencia térmica y estructural:

- **Pavimento flexible**: Usado en tramos interurbanos, incluye una base granular (20–30 cm) y una carpeta asfáltica modificada con polímeros (PMB) de 5 a 8 cm, para resistir bajas temperaturas.
- **Pavimento rígido**: En zonas de tráfico pesado o donde se prevé fisuración térmica. Se emplea concreto de 20 a 25 cm con juntas de dilatación, curado térmico y aditivos acelerantes.
- **Pavimento articulado** (adoquines de concreto): Aplicado en zonas urbanas rurales por su durabilidad y facilidad de mantenimiento.

Además, se están evaluando técnicas innovadoras como la reutilización de residuos marinos. Investigadores de la Universidad de Salamanca desarrollaron un sistema en el cual "las redes de pesca, altamente contaminantes, se utilizan como refuerzo en las capas de firme de carreteras" (Cadena SER, 2024).

4.4. Drenaje vial

En zonas como Puno, donde la precipitación y el deshielo son intensos, el drenaje es crítico:

- Cunetas revestidas con concreto, alcantarillas de concreto armado y pendientes controladas.
- En áreas agrícolas o inundables, se instalan drenes longitudinales con tuberías perforadas envueltas en geotextil.
- En taludes, se aplican canaletas escalonadas y muros con drenes tipo chimenea para aliviar la presión hidrostática.

4.5. Protección contra heladas y ciclos térmicos

- Se incorpora una **capa anticongelante** en la subrasante (grava + arena gruesa, >30 cm de espesor).
- Se utiliza **asfalto modificado con polímeros (PMB)** por su resistencia a temperaturas bajo cero.
- En pavimento rígido, se incluyen juntas de dilatación adecuadas para evitar fisuras por contracción térmica.

4.6. Señalización y seguridad vial

- Pintura termoplástica reflectiva, tachas tipo "ojo de gato" y señales metálicas resistentes al viento.
- Barreras metálicas tipo W-beam en curvas cerradas o zonas de alto riesgo.
- En áreas rurales: pasos de ganado, alcantarillas ecológicas y cunetas seguras para fauna.

4.7. Control de calidad y supervisión

- El control técnico durante la ejecución es obligatorio:
- Ensayos de campo: densidad, contenido de humedad y granulometría.
- Ensayos de laboratorio: CBR, corte directo, compresión simple, ensayo Marshall para asfalto, viscosidad dinámica.
- Fiscalización independiente a cargo de empresas supervisoras registradas ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

CAPITULO V: MATERIALES Y DISPONIBILIDAD EN LA REGIÓN PUNO

5.1. Principales materiales utilizados en obras viales

La **construcción de carreteras** requiere una combinación de materiales naturales y procesados, cada uno con funciones específicas en la estructura del pavimento, obras de drenaje y elementos de seguridad. Como lo menciona el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) "La **certificación de calidad de los materiales** debe estar respaldada por el productor e incluir especificaciones sobre su manipulación y seguridad, especialmente en el caso de materiales con características de riesgo." Entre los más comunes destacan:

Tipo de material	Uso en la obra
Suelo natural	Subrasante, conformación de terraplenes (previo mejoramiento si es necesario).
Grava y piedra chancada	Subbase y base granular.
Arena	Mezcla con cemento o asfalto; drenaje.
Asfalto en caliente (mezcla densa en caliente – MDC)	Carpeta de rodadura en pavimento flexible.
Concreto hidráulico	Pavimento rígido, alcantarillas, muros de contención, cunetas.
Geotextiles	Refuerzo, drenaje y estabilización de suelos.
Acero de refuerzo	Elementos estructurales (puentes, muros).
Emulsiones asfálticas	Tratamientos superficiales, sellado de fisuras.

5.2. Disponibilidad regional

La disponibilidad de materiales en la región Puno es una variable crítica para la eficiencia logística y la reducción de costos. A continuación se detallan las fuentes comunes:

- **Canteras de agregados:**

  - La zona de Juliaca cuenta con múltiples canteras habilitadas para extracción de grava y piedra chancada (e.g., zonas de Huata, Caracoto y Cabana).

  - En provincias como Lampa, Melgar y Azángaro, también se explotan bancos de materiales no procesados, pero su calidad es variable.

  - El uso de canteras locales reduce el transporte, pero exige verificación de granulometría y CBR.

- **Asfalto:**

  - No existe una planta de producción de asfalto en Puno; el insumo es transportado principalmente desde Arequipa o Ilo, lo que incrementa costos y riesgos logísticos.

  - Algunas empresas traen el asfalto en estado líquido para preparar mezcla asfáltica en caliente en planta portátil dentro de la región.

- **Cemento y concreto premezclado:**

  - El cemento Portland se adquiere desde Arequipa o Cusco.

  - Empresas como Unacem y Pacasmayo tienen distribuidores en Juliaca, pero no plantas de concreto premezclado; muchas constructoras fabrican su propio concreto en obra.

- **Geosintéticos y acero:**

  - Son materiales importados desde Lima o Arequipa, por lo que se programan con anticipación. El uso de geotextiles se ha incrementado en zonas con suelos húmedos o de baja capacidad portante.

5.3. Problemas frecuentes en la provisión de materiales

- Accesibilidad a canteras: algunas fuentes se encuentran en zonas alejadas o de difícil acceso, lo que complica el transporte.
- Calidad variable: no todas las canteras cumplen con las especificaciones del MTC. En muchos casos se debe procesar el material para cumplir con la norma.
- Retrasos logísticos: debido a condiciones climáticas o conflictos sociales, el traslado de asfalto y otros materiales puede retrasarse, afectando el cronograma.

CAPITULO VI: EJECUCIÓN Y SUPERVISIÓN TÉCNICA DE OBRAS VIALES

6.1. Etapas principales de ejecución

La ejecución de una obra vial en la región de Puno va de la mano de una solución técnica-estándar como respuesta a las políticas nacionales en materia de ingeniería vial, pero a su vez el mismo esquema se tiene que acoger adecuadamente a la geografía de la región altiplánica y a la marcada estacionalidad de lluvias. La planificación y el plano de ejecución técnica comienzan desde los estudios de preinversión hasta llegar a la finalización de la obra siguiendo una secuencia de fases que garantizan la calidad, la seguridad y la funcionalidad de la obra.

- **Movilización**

La movilización de recursos es, en consecuencia el inicio físico de la ejecución de la obra. Efectivamente, significa el traslado de la maquinaria pesada, insumos, personal técnico y del personal administrativo hacia el lugar de ejecución. Por consiguiente, se instalan los campamentos de obra, los almacenes temporales, las oficinas técnicas y las plantas de producción de agregados o mezclas asfálticas. Debo indicar que, seguidamente, se realiza el replanteo topográfico, verificar y marcar sobre el terreno las líneas, los niveles y los ejeś que

marcan los planos; colocar las señales temporales que dan cuenta de las zonas de trabajo, así como de los accesos restringidos y de las rutas alternativas para llegar a la misma obra, y en consecuencia también para llevar a cabo una adecuada seguridad del personal técnico y de la población circundante.

- **Movimiento de tierras**

En definitiva, esta fase conlleva la transformación del relieve natural y su adecuado ajuste a la alineación vial que se haya proyectado: este proceso incluye trabajos de corte en los puntos altos, de relleno en los puntos bajos, conformación de taludes estables y subrasantes, que son las capas de terreno que una vez compactadas acogerán ulteriormente las estructuras de pavimento. La compactación del terreno es un aspecto esencial en esta etapa, la cual se considera verificada mediante ensayos de campo tales como el ensayo de Proctor modificado o el densímetro nuclear, garantizando que se logre la densidad necesaria para cargar el tráfico previsto.

- **Ejecución de obras de drenaje**

Las obras de drenajes son de vital importancia en este tipo de lugares, como por ejemplo Puno, donde se puede tener que lidiar con lluvias, y los caudales estacionales son grandes. Para ello se construyen cunetas longitudinales para recoger las aguas de escorrentía, alcantarillas para atravesar pequeños cauces, canales revestidos en pendientes muy pronunciadas, drenajes transversales (que se realizan para evitar la erosión del talud o el encharcamiento, etc.). Todas estas estructuras se llevan a cabo teniendo en cuenta los caudales máximos, pendientes, tipo de suelo y/o cobertura vegetal. Todo estos trabajos garantizan la viabilidad de la vía.

- **Colocación de subbase y base**

La subbase y la base se consideran capas estructurales que se sitúan sobre la subrasante. Para su conformación se emplean materiales granulares seleccionados que deban garantizar las exigencias en cuanto a su granulometría, resistencia y durabilidad. Estas capas se extienden y se compactan en capas sucesivas controlando la humedad óptima y la densidad mínima que aparece designada en el Expediente Técnico. La calidad del material y su correcta colocación son elementos claves para impedir las deformaciones del pavimento definitivo.

- **Pavimentación**

La clase de pavimento a utilizar depende de aspectos como el tránsito, las condiciones climáticas y el coste. En Puno se utilizaba la mezcla asfáltica en caliente para los tramos donde existe más tráfico y en las zonas urbanas o muy deterioradas utilizamos hormigón cuya colocación se debía ejecutar con extendidas automáticas, luego compactado con rodillos diligenciadores o de neumáticos, y en el caso del pavimento rígido la nivelación se ejecutó por regla vibradora. La valoración de la calidad del acabado superficial y la adherencia entre las capas se realizaba en laboratorio y en las pruebas in situ que hemos realizado.

- **Señalización y seguridad vial**

Cuando se ha terminado de pavimentar, se instalan los dispositivos de protección de la seguridad vial, pintando líneas de demarcación (ejes, bordes y pasos peatonales), colocando señales verticales reglamentarias (informativas, restrictivas y preventivas) y tachas reflectivas para aumentar la visibilidad nocturna. En tramos críticos se instalan barreras metálicas de contención, se estabilizan bermas laterales y se colocan reductores de velocidad en determinadas zonas urbanas o escolares.

- **Obras complementarias**

De acuerdo al medio y a la morfología, se construyen obras complementarias que podemos agrupar en puentes menores, puentes peatonales, accesos a fincas, muros de sostén, cunetas entubadas, muros de protección de taludes. De tal manera, la carretera se adapta al medio y no se ve interrumpido el paso; por otro lado, se corrige el riesgo de los usuarios de la carretera en el caso de los deslizamientos.

- **Limpieza y cierre de obra**

La etapa final comprende la retirada de material sobrante, de escombro y de la señalización provisional. Se ejecuta el perfilado final de las plataformas, la estabilización de taludes y la revegetación de las áreas objeto de la intervención. Finalmente, tiene lugar la recepción técnica de la obra mediante la realización de inspecciones formales, que verifican el cumplimiento del expediente técnico y de la normativa del MTC, antes de la entrega del mismo al uso público.

6.2. Supervisión técnica y control de calidad

Todo contrato público debe contar con un control de calidad y una supervisión técnica, de acuerdo a lo establecido en el MTC, el OSCE y los reglamentos de Provías Descentralizado y Nacional, y la realización de las obras se encuentra relacionada con el cumplimiento de los requerimientos e normas técnicas ambientales.

- **Funciones de la supervisión:**
  - Verificación del cumplimiento de planos, especificaciones técnicas y cronograma.
  - Aprobación de pruebas de laboratorio: Proctor, CBR, granulometría, ensayos Marshall, resistencia del concreto.
  - Validación de control topográfico y espesor de capas mediante calicatas o georradar.
  - Emisión de informes semanales y mensuales sobre el avance físico-financiero.

- ❖ Coordinación con la entidad ejecutora y la contratista para aplicar medidas correctivas.

- **Herramientas de control:**
  - ❖ Bitácora de obra: documento oficial donde se registran incidencias diarias.
  - ❖ Fotografías georreferenciadas: para evidenciar ejecución conforme a diseño.
  - ❖ Laboratorios certificados: para ensayos de campo y pruebas destructivas/no destructivas.
  - ❖ Drones o estaciones totales: para levantamiento 3D y control volumétrico.
- **Problemáticas comunes en supervisión:**
  - ❖ Supervisión deficiente por falta de experiencia del personal contratado.
  - ❖ Retrasos por conflictos sociales o falta de articulación entre gobierno local, contratista y fiscalización.
  - ❖ Modificaciones no autorizadas del expediente técnico, generando observaciones y paralizaciones.

Es en este ámbito donde adquiere particular importancia la observancia de los compromisos ambientales asumidos por el titular del proyecto, y mucho más aún en aquellas situaciones en las que se producen sustituciones, ampliaciones o mejoras en el sistema tecnológico utilizado dentro de la superficie de influencia; la supervisión debe verificar que este tipo de instalaciones o cambios no afecten de modo negativo el soporte o los elementos de este ni cómo se han visto alteradas las condiciones iniciales que han establecido en el estudio de medición ambiental.

Como lo señala el documento técnico sustentatorio (ITS), “el presente ITS demuestra que las modificaciones propuestas no generarán impactos ambientales negativos significativos, siempre que se cumplan las medidas establecidas” (José Luis Velásquez Larico, 2023, p. 9). Esta afirmación refuerza la necesidad de una supervisión rigurosa, no solo desde el punto de

vista técnico, sino también ambiental, garantizando que todas las medidas de mitigación y control previstas se apliquen correctamente durante la ejecución del proyecto.

6.3. Obras viales en la región Puno

La infraestructura vial desempeña un papel fundamental en la integración territorial, el acceso a servicios y la dinamización de la economía en regiones alejadas del país, como es el caso de Puno. A nivel nacional, "entre 2003 y 2023, se construyeron 2.163 kilómetros de carreteras mediante asociaciones público-privadas, lo que representa cerca del 25% de la red vial nacional" (Instituto Peruano de Economía [IPE], 2023).

En el ámbito regional, el Gobierno Regional de Puno y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) han promovido diversos proyectos estratégicos para mejorar la conectividad, especialmente en zonas rurales y de difícil acceso. Uno de los ejemplos más representativos es el "proyecto vial turístico Phutini – Jayu Jayu [que] busca impulsar el desarrollo local en Ácora, beneficiando a más de 36,000 habitantes" (Gobierno Regional de Puno, 2022).

Asimismo, la carretera "Jila Purina – Tirapata representa una inversión clave en Azángaro para mejorar la conectividad interprovincial" (Gobierno Regional de Puno, 2024). De manera similar, "se ha iniciado la fase de preinversión para una carretera entre Asillo, Orurillo y Nuñoa con una inversión prevista de más de 110 millones de soles" (Gobierno Regional de Puno, 2023).

En cuanto a infraestructura estratégica, "el mejoramiento de la carretera Puno – Ilave – Desaguadero ha incrementado la seguridad vial en un importante eje fronterizo" (Radio Nacional del Perú, 2024). Otro proyecto significativo es la carretera "Challhuamayo –

Nojojunta [que] facilita el transporte agrícola en la selva de Carabaya" (Gobierno Regional de Puno, 2022).

Paralelamente a estas obras específicas, se han implementado programas de alcance regional. "El programa Proyecto Perú permitió mejorar más de 3,290 kilómetros de vías en Puno" (Constructivo, 2021). Por su parte, "con el programa Proregión, el MTC logró pavimentar 363 km de vías en múltiples provincias puneñas" (Constructivo, 2022).

Finalmente, "la futura carretera Macusani – Nuñoa busca integrar regiones clave del sur peruano y representa una demanda histórica de más de 60 años" (La República, 2024). Esta obra se proyecta como un eje fundamental para el desarrollo económico y la conexión entre regiones tradicionalmente aisladas.

En conjunto, estas obras viales no solo fortalecen la infraestructura física de la región, sino que también contribuyen a la cohesión social, al desarrollo productivo y a la integración del altiplano con el resto del país.

CONCLUSIONES

La construcción de carreteras de la zona Puno se considera un eje de vital importancia para el desarrollo integral del territorio. Por medio de la construcción de carreteras, puentes y de obras complementarias, han mejorado la conectividad entre provincias, han facilitado el acceso a mercados, han contribuido a fortalecer la producción agrícola y han acercado servicios básicos a las poblaciones más aisladas. No obstante, las actuaciones llevadas a cabo en la zona deben estar elaboradas teniendo en cuenta las condiciones geográficas y climáticas específicas de la zona, así como aplicar criterios técnicos estrictos de forma secuencial en cada una de las fases de la construcción.

Los trabajos que hemos considerado en esta monografía (carretera Phutini – Jayu Jayu; vía Jila Purina - Tirapata; un futuro ejercicio de la carretera Macusani – Nuñoa, etc.) son ejemplos de lo que puede ser un esfuerzo coordinado entre el Gobierno Regional de Puno, el MTC y distintos tipos de financiamientos públicos y privados; contextos como Proyecto Perú, Proregión han demostrado que una planificación de la red de vías de comunicación puede tener impactos positivos en el medio o el largo plazo, en especial en aspectos que tienen que ver con la inclusión social y el desarrollo económico.

Así, la creación de una red de carreteras moderna y eficiente en Puno no solo es una exigencia técnica, sino también un paso a la equidad territorial, a la integración nacional y a la mejora de la calidad de vida de miles de ciudadanos puneños. El desafío que queda por delante, por lo tanto, consiste en continuar las obras atendiendo ese principio de sostenibilidad, con una visión territorial y la participación activa de las comunidades beneficiarias.

REFERENCIAS

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Especificaciones técnicas generales para la construcción.*
2. David Jimenez, et al (2005). *Plan Vial Departamental Participativo de Puno 2006–2015*. Puno, Perú: Equipo Técnico del Gobierno Regional de Puno.
3. Samuel Huaquisto. (2019) *Influencia del diseño geométrico y el índice de rugosidad internacional sobre la seguridad vial de la carretera Juliaca Puno Tramo KM 1347+300 AL KM 1353+300 Huerta Huaraya - Puno*
4. José Velásquez. (2023). *Informe de construcción de la autopista Puno-Juliaca*.
5. Cañazaca, J. & Machaca, B. (2021). *Construcción de una infraestructura vial y transitabilidad en Jr Ciudad de la plata URB Chanu Chanu en la ciudad de Puno.* (Tesis de título, Universidad Privada de Trujillo)
6. Apaza, E. (2021). *Eficacia de los métodos de la evaluación superficial de pavimentos para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno.* (Tesis de título, Universidad Alas Peruanas.)
7. Zelada, L. (2019). *Diseño de 1km. De pavimento carretera Juliaca Puno.* (Tesis de título, Pontificia Universidad Catolica del Perú.)
8. Plan Binacional Perú–Ecuador. (2006). *Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*.
9. Cadena SER. (2024, noviembre 12). *BMW España y el Real Madrid premian a la Universidad de Salamanca por un proyecto para reutilizar redes de pesca en carreteras*.
10. Cadena SER. (2024, diciembre 11). *Nuevos materiales para la cimentación de carreteras*.

11. El País. (2025, febrero 23). *Joyas de la ingeniería que elevan el bienestar*.
12. Instituto Peruano de Economía. (2023). *Aporte privado permitió construir 2,163 km de carreteras en 20 años*.
13. Gobierno Regional de Puno. (2022, febrero 15). *Iniciamos infraestructura vial turístico Phutini – Jayu Jayu en Ácora, provincia de Puno*.
14. Gobierno Regional de Puno. (2024, abril 8). *Continúa la transformación vial en Azángaro: Se hará realidad carretera asfaltada Jila Purina – Tirapata*.
15. Gobierno Regional de Puno. (2023, mayo 12). *Inician trabajos de preinversión para la conexión vial entre Asillo, Orurillo y Nuñoa en Puno*.
16. Radio Nacional del Perú. (2024, octubre 10). *Culminan mejoramiento de la carretera que une Puno, Ilave y Desaguadero*.
17. Gobierno Regional de Puno. (2022, enero 20). *GORE Puno entregó carretera Challhuamayo – Nojojunta en la selva de Carabaya*.
18. Constructivo. (2021, febrero 3). *MTC mejoró 3,290 kilómetros de carreteras de Puno mediante el programa Proyecto Perú*.
19. Constructivo. (2022, septiembre 16). *MTC pavimentó 363 kilómetros de vías departamentales de Puno mediante Proregión*
20. La República. (2024, julio 22). *MTC anuncia creación de nueva carretera en Perú esperada por 60 años: conectará 4 regiones del país*.